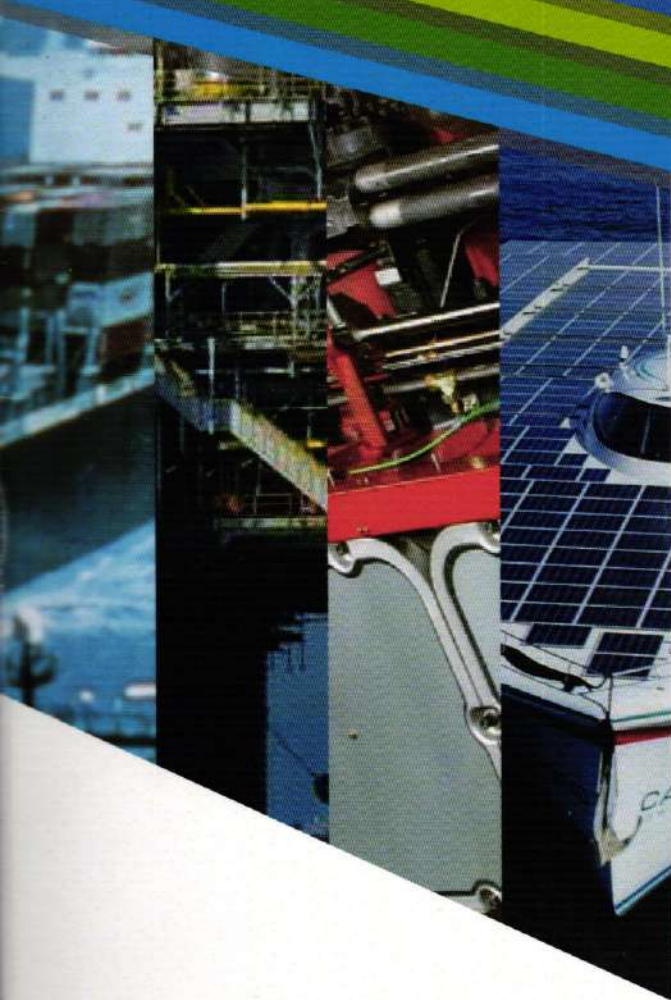


senta

INOVASI
TEKNOLOGI
KELAUTAN

2013

Seminar Teori dan Aplikasi
Teknologi Kelautan



PROSIDING

Teknologi Kelautan
Menjawab Tantangan Energi
dan Perubahan Iklim

Aula B.G. Munaf
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Selasa, 3 Desember 2013



Arek ITS
cak!
Cerdas, Amanah, Kreatif



DAFTAR ISI

SAMBUTAN REKTOR ITS.....	i
SAMBUTAN DEKAN FTK – ITS.....	ii
SUSUNAN PANITIA.....	iii

PAPER KOMISI A

THE USE OF FIBREGLASS FOR SUPER STRUCTURE OF ALUMINIUM BOATS Bambang Teguh Setiawan, Boedi Herjono	A – 1
RANCANG BANGUN HYDRO JET BOAT DENGAN MEMANFAATKAN WATER PUMP SET UNTUK MESIN PENGGERAKNYA SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI SAAT BENCANA BANJIR Agus Sutoto	A - 6
FATIGUE CRACK GROWTH ANALYSIS ON 5083 ALUMINIUM SHIP CONSTRUCTION BASE ON DIFFERENCE WELDING DIRECTIONS OF DOUBLE SIDED FRICTION STIR WELDING Erik Sugianto, Achmad Zubayd, Nurul Muhayat	A – 13
PENINGKATAN USAHA PEMBUATAN PERAHU WISATA YANG ERGONOMIS Eko Nurmianto, Suharmadi, Aries Sulisetyono	A – 19
PERANCANGAN KAPAL LAYANAN MASYARAKAT DI KEPULAUAN SERIBU Indra Dwi Pratama Dan Hesty Anita Kurniawati	A – 25
PENGURANGAN KERUGIAN ENERGI TAHANAN TOTAL PADA MODEL KAPAL SELAM DENGAN PEMBERIAN SERAT KULIT TOMAT M.Baqi, Gunawan, A.Tsabit, A.Asyraf, dan Yanuar	A – 31
THE DEVELOPMENT STUDIES OF COST BASED SHIPBUILDING STRATEGY MODEL Edi Rianto, Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M. Zaed Yuliadi	A – 40
ANALISIS PENGARUH SISI PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN DUA SISI <i>FRICTION STIR WELDING</i> ALUMINIUM 5083 PADA KAPAL KATAMARAN Taufik Baihaqi, Budie Santosa, Achmad Zubaydi, Nurul Muhayat	A – 49
DESAIN GARIS BADAN (HULL LINES) KAPAL PENYEBERANGAN SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI SUNGAI DAN LAUT YANG HANDAL, AMAN DAN NYAMAN UNTUK ANGKUTAN PENUMPANG/BARANG Sahlan*, Wibowo Hn, A. Jamaluddin	A – 58

PREDIKSI BEBAN SLAMMING TERHADAP KAPAL PERANG JENIS FRIGATE Ahmad Syafiul M, Wibowo HN	A – 67
KONSEP DESAIN PROTO-TYPE KAPAL PENYEBERANGAN LINTASAN BUTON – MUNA – KABAENA Ardianti, Ganding Sitepu, A. Haris Muhammad	A – 73
DEVELOPMENT OF A DATABASE OF STANDARD COMPONENTS OF SHIP HULL STRUCTURES USING THE AUTOCAD AND VISUAL BASIC FOR APPLICATION SOFTWARE Didik Eko Indrawan, Djauhar Manfaat	A – 81
FULLY SUBMERGED FOIL VESSEL RESISTANCE APPROXIMATION M. Alham Djabbar, Suandar Baso, Juswan, M. Iqbal Nikmatullah, Bachrun Lihawa, Wardina Suwedy	A – 88
STUDI PENGGUNAAN BAMBU SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF PENGGANTI KAYU UNTUK MATERIAL BANGUNAN ATAS KAPAL DENGAN METODE SISTEM PLANKING PADA KAPAL KAYU 30 GT Heri Supomo, Sri Rejeki dan Muhammad Sholikhhan Arif	A – 91
SKIMMER CRAFT SEBAGAI ALAT TRANSPORTASI ALTERNATIF UNTUK INSPEKSI, SURVEY DAN PENELITIAN DI AREA LUMPUR LAPINDO KABUPATEN SIDOARJO Agus Sutoto	A – 95
STUDI EKSPERIMEN SEAKEEPING FPU MENGGUNAKAN WHITE NOISE SPECTRUM Baharuddin Ali, Arifin dan Andi Jamaluddin	A – 102
BUCKLING PHENOMENON FOR STRAIGHT PIPE UNDER PURE BENDING Hartono Yudo, Takao Yoshikawa	A – 109
ANALISIS OPERABILITAS FSRU AKIBAT BEBAN LINGKUNGAN BERBASIS RANAH WAKTU Murdjito and Mainas Ziyah Aghnia	A – 117
ANALISA PENGARUH SURFACE BUOY, SUBMERGED BUOY DAN TETHERED SUBMERGED BUOY TERHADAP KINERJA SISTEM TAMBAT SEMI-SUBMERSIBLE “ESSAR WILDCAT” Murdjito and Erdina Arianti	A – 123
PREDICTION OF SLOSHING ON THE INSIDE WALLS OF MEMBRANE TYPE TANK FOR LNG CARRIER DUE TO HEAVING AND PITCHING MOTION IN REGULAR WAVE Ketut Suastika and Muhamad Syaiful Anwar	A – 131

RIGATE
 A - 67
 AN BUTON -
 A - 73
 SHIP HULL
 IICATION
 A - 81
 Lihawa,
 A - 88
 NGGANTI
 E SISTEM
 A - 91
 TUK
 A - 95
 HITE NOISE
 A - 102
 ING
 A - 109
 ASIS
 A - 117
 ERED
 IVERSIBLE
 A - 123
 TYPE TANK
 GULAR
 A - 131

ANALYSIS OF COLLISION AVOIDANCE IN THE MALACCA STRAITS BASED ON HUMAN FACTOR MODEL AND AIS DATA Badruz Zaman	A - 139
PAPER KOMISI B	
IMPLEMENTASI CONTENT BASED INSTRUCTION (CBI) DALAM PEMBELAJARAN BAHASA INGGRIS UNTUK MAHASISWA PERKAPALAN Desi Tri Cahyaningati dan Perwi Darmajanti	B - 1
DESAIN PROGRAM PRARANCANGAN OPTIMUM KAPAL PENYEBERANGAN ANTAR PULAU UNTUK KAWASAN TIMUR INDONESIA Ganding Sitepu, Daeng Paroka, Mansur Yahya	B - 7
PERANGCANGAN PEMBUATAN PROTOTYPE TURBIN SAVONIUS DALAM RANGKA PEMANFAATAN RENEAWEBLE ENERGY (ANGIN) UNTUK SISTEM PENERANGAN PADA KAPAL Mohammad Danil Arifin, Fanny Octaviani, Arif Prasetyo	B - 14
PORTFOLIO ASSESSMENT ON TEACHING WATERTIGHT BULKHEAD POSITION AND SIDE VIEW DRAWING AT PPNS Dimas Endro dan Desi Tri Cahyaningati	B - 21
TINJAUAN KASUS MUSIBAH TERBAKARNYA KMP LAUT TEDUH 2 DI PERAIRAN SEKITAR PULAU TEMPURUNG - SELAT SUNDA Teguh Sastrodiwongso Aleik Nurwahyudy, Arif Fadillah	B - 28
PERBANDINGAN PENDEKATAN KENT MUHLBAUER DAN FUZZY INFERENCE SYSTEM PADA PROSES PENILAIAN RISIKO : STUDI KASUS PIPA BAWAH LAUT 14" PHE-WMO Budhi Santoso, Ketut Buda Artana, I Made Ariana, A.A.B Dinariyana D.P	B - 36
LAYOUT OPTIMIZATION MODEL FOR DRY BULK PORT BASED ON DISCRETE SIMULATION APPROACH: CASE STUDY SPECIAL PURPOSE PORT OF PT PETROKIMIA GRESIK Hasan Iqbal Nur, Firmanto Hadi	B - 42
IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN FISHING SHIP USING ENERGY SAVING DEVICE Alyuan Dasira, JM Laurens	B - 48
PERANCANGAN ERGONOMI BRIDGE DECK MENUJU ONE - MAN OPERATED Venta Kevara Aprilia, A.A. Masroeri	B - 60

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN (SPK) PEMENANG TENDER KAPAL PENGAWAS MENGGUNAKAN METODE FUZZY AHP (F-AHP) Heru Lumaksono dan Hozairi	B – 67
PERANCANGAN SLIDING CRANE UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN OPERASI BONGKAR MUAT PADA UTILITY VESSEL 48 METER Agoes Santoso, Amiadji, Benny Cahyono, dan Akhmad Khusnu Zulkhlimi	B – 77
STUDI AWAL MONITORING KESELAMATAN KAPAL MELALUI IMPLEMENTASI HAZARD NAVIGATION MAP DENGAN PEMANFAATAN DATA AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS) DAN SHIPPING DATABASE SECARA REAL TIME Satriya Aryang Mawulu, Trika Pitana, R.O. Saut Gurning	B – 82
PENGEMBANGAN SISTEM ONLINE MONITORING TEMPERATUR DAN KELEMBABAN COLD STORAGE PADA KAPAL REEFER CARGO BERBASIS FUNGSI WIRELESS SENSOR NETWORK Syahrial Aman, Sutopo P.F, A.A.Masroeri	B – 88
ANALISA TEKNIS PENGGUNAAN BUSBAR TRUNKING PADA KAPAL UTILITY VESSEL 48 METER Achmad Firdaus, Sardono Sarwito, Agoes Santoso, Eddy Setyo	B – 99
PERANCANGAN SMALL TRAILING SUCTION DREDGER (TSD) SEBAGAI METODE PENGERUKAN DI KOLAM PELABUHAN Amiadji, Agoes Santoso., Alfian Fadhli	B – 110
ANALISA PENGARUH BEBAN INDUKTIF DAN RESISTIF PADA GENERATOR INDUKSI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT Lucky Andoyo, Sardono Sarwito, Indra Ranu, A.A Masroeri	B – 116
PERANCANGAN GENERATOR INDUKSI BERTEGANGAN 220 VAC PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL) Tri Indra Kusuma, Sardono Sarwito, Indra Ranu Kusuma, Agus Sulaiman.....	B – 127
DESAIN ULANG PEMANFAATAN AIR BUANGAN HASIL KONDENSASI DARI CONDENSER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS BUMI SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO R. Ahmad Cholilurrahman, Alif Prima Maulana, DwiKhusna	B – 136
UJIFISIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG SISTEMBANDULAN (PLTGL – SB) DI PELABUHAN TELAGA BIRU TANJUNG BUMI MADURA Irfan Syarief	B – 146

PAL

..... B - 67

PUAN

..... B - 77

MENTASI

ATIC

REAL TIME

..... B - 82

BASIS

..... B - 88

UTILITY

..... B - 99

GAJ METODE

..... B - 110

GENERATOR

..... B - 116

VAC PADA

..... B - 127

ISASI DARI
SEBAGAI

..... B - 136

JUNG BUMI

..... B - 146

STATUS OF DEVELOPMENT OF WAVE POWER PLANT TECHNOLOGY WITH PENDULUM SYSTEM (PLTGL-SB) 20 KW

Mukhtasor, Zamrisyaf, Irfan Syarif Arif, Rudi Walujo Prastianto, Harus Laksana Guntur,
Hadi Setiyawan, dan Mauludiyah B - 159

RISK ASSESSMENT PADA LNG CARRIER "STUDI KASUS SIMENG GARIS~TANJUNG BATU"

Putut Panji Utomo, R.O Saut Guming, Trika Pitana, M. Badrus Zaman B - 166

PAPER KOMISI C

PENGUKURAN VISCOUS RESISTANCE KAPAL SELAM MINI DENGAN PENGUJIAN PADA WIND TUNNEL

Ardi Nugroho Yulianto, Ketut Suastika, Aries Sulisetyono C - 1

MAINTENANCE STRATEGY SELECTION FOR MOORING SYSTEM USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Silvianita, Mohd Faris Khamidi C - 6

ANALISIS UMUR SISA JACKET PLATFORM BERBASIS RBI

Muhammad Irfan, Daniel M. Rosyid, Murdjito C - 13

NUMERICAL ANALYSIS ON OFFSHORE STRUCTURES DESIGN FOR SEMISUBMERSIBLES TYPE

Imam Rochani, Handayanu, Suntoyo C - 21

EVALUASI ASPEK GERAKAN DAN OPERABILITAS DALAM PERANCANGAN DRILLSHIP DENGAN DISPLASEMEN 35.000 TON

I.D.G Adi Surya Yuda, Eko B. Djatmiko, dan Wisnu Wardhana C - 30

STUDI KARAKTERISTIK GERAKAN DAN OPERABILITAS ANJUNGAN PENGEBORAN SEMI-SUBMERSIBLE DENGAN KOLOM TEGAK DAN PONTON BERPENAMPANG PERSEGI EMPAT

Ardhana Wicaksono, Eko Budi Djatmiko dan Mas Murtedjo C - 39

TREND OF SEA SURFACE TEMPERATURE OVER INDONESIA

Muhammad Najib Habibie C - 48

HINDCASTING GELOMBANG MENGGUNAKAN DATA ANGIN DARI MRI-JMA (METEOROLOGY RESEARCH INSTITUTE/JAPAN METEOROLOGY AGENCY) DALAM KURUN WAKTU 1989 - 2003

Muhammad Zikra, Nurul Fitriah dan Suntoyo C - 55

DESIGN OF MEASUREMENT SYSTEM FOR FLOATING BREAK WATER FORCE USING MIKROKONTROLLER Dwi Purnomo Hendradhata	C - 62
BREAKWATER FOR TSUNAMI, A REVIEW AND A PROPOSAL FOR NEW CONCEPT Handayanu	C - 67
ANALISIS LAJU SEDIMENTASI DI KANAL COOLING INTAKE PLTGU GRATI (PT. INDONESIA POWER UNIT BISNIS PEMBANGKITAN (UBP) PERAK-GRATI) Happy Ayu D., Suntoyo dan Muhammad Zikra	C - 73
STUDY ON POTENTIAL OF GROUNDWATER QUALITY AND ITS ECONOMIC ASPECT FOR AQUACULTURE IN EASTERN SURABAYA COASTAL AREA Oni Wiwid Jayanthi, Wahyudi, Sholihin, Suntoyo	C - 80
DEVELOPMENT OF SEAWATER DESALINATION EQUIPMENT BY FILTER TREATMENT SYSTEM Takeshi Shinoda dan Hiroki Satoh	C - 85
MODEL KARAKTER FISIK MUKA AIR TANAH DI WILAYAH PANTAI SIDOARJO TUJUH TAHUN PASKA SEMBURAN LUMPUR M. Mustain	C - 90
STUDI KUALITAS AIR TANAH DI PESISIR SURABAYA TIMUR Wahyudi, Nico Adi Purnomo, Sholihin, Tatas, Suntoyo	C - 101
PENINGKATAN USAHA MASYARAKAT PESISIR MELALUI BUDUDAYA DAN PENGOLAHAN RUMPUT LAUT DI KECAMATAN SUMBERASIH Naning Aranti Wessiani, Eko Numianto, Haryo Dwito Armono	C - 110
STUDI POTENSI AIR TANAH DI PESISIR SURABAYA TIMUR UNTUK BUDIDAYA PERIKANAN AIR PAYAU Arif Setiyono, Wahyudi, Suntoyo, Sholihin, Tatas	C - 116
PEMODELAN "ARCHITECTURE ELEMENTS" PADA FASIES BERDASARKAN ANALISA WELL LOG DAN SEISMIK MENGGUNAKAN PETREL 2009 Jusfarida	C - 122
APPLICATION AND DEVELOPMENT OF ACOUSTIC MULTIFREQUENCY TECHNOLOGY TO IDENTIFY AND CHARACTERIZE THE MICRONECTON POPULATION Eko Nofridiansyah dan Anne Lebourges-Dhaussy	C - 127
PENGEMBANGAN USAHA MASYARAKAT DAERAH PESISIR MELALUI PENGOLAHAN JAGUNG DI KECAMATAN PACIRAN Nugroho Priyo Negoro, Eko Nurmianto, Naning Aranti Wessiani	C - 133

R FORCE

..... C - 62

W CONCEPT

..... C - 67

RATI

-GRATI)

..... C - 73

OMIC

EA

..... C - 80

ER

..... C - 85

BOARJO

..... C - 90

..... C - 101

DAYA DAN

..... C - 110

IDAYA

..... C - 116

RKAN

..... C - 122

..... C - 127

..... C - 133

**ANALYSIS METHOD IMPACT SEA-LEVEL RISE AND COASTAL VULNERABILITY
MODEL IN KABUPATEN TUBAN**

Marita Ika Joesidawati C -139

PAPER KOMISI D

**PENTINGNYA PRAKTISI MEMPERHATIKAN FREKUENSI NATURAL LOKAL
GETARAN DI KAPAL: STUDI KASUS**

Asjhar Imron dan Totok Yulianto D - 1

NEW STRIP THEORY APPROACH TO SHIP MOTIONS PREDICTION

Suandar Baso, Syamsul Asri, Rosmani, Lukman Bochari, L.A.H Pratama D - 9

**AN ALTERNATIVE APPROACH TO PRODUCING PRODUCTION DRAWING AND
MATERIAL LIST BASED ON STANDARD COMPONENTS OF SHIP HULL
STRUCTURES**

Totok Yulianto, Mohammad Nurul Misbah, Ahmad Nasirudin, Djauhar Manfaat, Didik Eko
Indrawan, Deny Purwita Putra dan Suraj Nurholi D - 17

**ANALISIS LOKASI KRITIS JALUR EVAKUASI PENUMPANG KAPAL
PENYEBERANGAN ANTAR PULAU**

Andi Haris Muhammad, Daeng Paroka, Bahrin D - 25

**DEVELOPMENT OF EFFICIENCY MEASUREMENT TECHNIQUE FOR CONTAINER
HANDLING EQUIPMENT: EMPLOYMENT OF HYBRID STRADDLE CARRIER**

Putu Hangga dan Takeshi Shinoda D - 32

**STUDI PENERAPAN METODE ANALISA RESIKO TUBRUKAN KAPAL PADA ALUR
PELAYARAN BARAT SURABAYA DENGAN MEMANFAATKAN DATA AIS**

Nur Fadly Ryzqy, Trika Pitana, Raja Olan Saut Gurning D - 38

**DESAIN INTEGRASI DATABASE AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS)
SEBAGAI DASAR MONITORING TRAFIK SECARA REAL TIME UNTUK
PENGEMBANGAN METODE KESELAMATAN KELAUTAN**

Akhmad Maulidi, Trika Pitana, Ketut Buda Artana, AAB Dinariyana DP D - 45

**ANALISA KEBUTUHAN KAPASITAS DERMAGA TERMINAL PETIKEMAS
MAKASSAR DENGAN PENDEKATAN MODEL ANTRIAN**

Ade Febrianti, A. St. Chairunnisa dan Mislih D - 50

**ANALISIS STRATEGI PENGEMBANGAN PELABUHAN-PELABUHAN UTAMA PADA
KORIDOR SULAWESI DALAM MENDUKUNG KONEKTIVITAS NASIONAL**

Chairunnisa Mappangara, Chairul Imam, Lawalenna Samang, Rahardjo Adisasmita, dan

Ganding Sitepu	D – 57
EVALUATION METHODOLOGY FOR OUTFITTING EQUIPMENT BASED ON VALUE ENGINEERING -APPLICATION TO BALLAST WATER MANAGEMENT SYSTEM-	
Takeshi Shinoda dan Katsuhisa Yano	D – 63
ESTABLISHING THE EVALUATION ANALYSIS MODEL FOR CARGO TRANSPORTATION SYSTEM	
Takeshi Shinoda, Sumanta Buana, Putu Hangga dan Katsuhisa Yano	D – 69
KAJIAN IMPLEMENTASI TOLOK UKUR PENILAIAN KESELAMATAN PELAYARAN	
Arif Fadillah, Augustinus Pusaka, M. Danil Arifin	D – 75
ANALISA KAPASITAS OPTIMAL LAPANGAN PENUMPUKAN TERMINAL PETIKEMAS BITUNG BERDASAR OPERATOR DAN PENGGUNA PELABUHAN	
Mislih, Zulkifli.....	D – 83
PENGEMBANGAN MODEL JAMINAN PURNA JUAL (WARRANTY) PADA PROSES PEMBANGUNAN KAPAL	
Sapto Wiratno Satoto, Djauhar Manfaat, Triwilaswandio Wuruk Pribadi	D – 89
OPTIMALISASI PERANCANGAN KAPAL PENYEBERANGAN DI KAWASAN TIMUR INDONESIA	
Andi Dirga Noegraha, Ganding Sitepu, Andi Haris Muhammad	D - 95
MAINTENANCE STRATEGY SELECTION FOR MOORING SYSTEM USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS	
Silvianita, Mohd Faris Khamidi	D – 101
THE USE OF A PARAMETRIC METHOD IN DEVELOPING THE THREE-DIMENSIONAL MODEL OF STANDARD COMPONENTS OF SHIP HULL STRUCTURES	
Mohammad Nurul Misbah, Totok Yulianto, Djauhar Manfaat, Didik Eko Indrawan, Deny Purwita Putra, Suraj Nurholi	D – 110
RESISTANCE REDUCTION BY OPTIMIZING BOW-STERN FORM OF THE FISHING VESSEL	
Suandar Baso, Rosmani, AndiAswandi	D – 117
STUDI LOKASI PELABUHAN PETIKEMAS ALTERNATIF SELAIN SUKARNO MAKASSAR DI WILAYAH SULAWSI SELATAN DALAM PERSPEKTIF EFISIENSI LOGISTIK	
Syarifuddin Dewa dkk , Muhammad Isran Ramli, Muhammad Saleh Pallu, Muhammad Alham Djabbar.....	D – 122

..... D - 57
ED ON VALUE
SYSTEM-
..... D - 63

..... D - 69
PELAYARAN
..... D - 75

I TERMINAL
ABUHAN
..... D - 83

ADA PROSES
..... D - 89

ASAN TIMUR
..... D - 95

TEM USING
..... D - 101

drawan, Deny
..... D - 110

HE FISHING
..... D - 117

N SUKARNO
IF EFISIENSI

Muhammad
..... D - 122

**PENGARUH ELEMEN BANGUNAN KAPAL TERHADAP KOREKSI LAMBUNG
TIMBUL MINIMUM**

Daeng Paroka ; Ariyanto Idrus..... D - 129

PREDICTION OF SLOSHING ON THE INSIDE WALLS OF MEMBRANE TYPE TANK FOR LNG CARRIER DUE TO HEAVING AND PITCHING MOTION IN REGULAR WAVE

Ketut SUASTIKA* and Muhamad Syaiful ANWAR

Department of Naval Architecture Engineering, Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology – Surabaya.

*E-mail: k_suastika@na.its.ac.id

Abstrak

The development of an offshore LNG sector and the increase demand's for operational flexibility in LNG shipping bring the new challenges for sloshing assessment on ship motion of partially filled LNG inside tanks. Frequently, the ship sails in a head head sea, therefore the heaving and pitching motions became important. Sloshing can be interpreted as the free surface motion of fluid in a container. The motion of LNG membrane tank caused by ship motion may produce large pressures on the walls of the tank structure. The dimensions of the membrane tank are 32.46 m in length, 27.32 m height and 39.17 m width moulded. But the aft lower width is 31.29 m, aft upper width is 21.49 m and moulded front width is about 19.4 m, the front lower width is 11.9 m and front upper width is 18.5 m. The LNG has been simulated for the three variations of filling levels: 30%, 50%, and 80% of membrane tank height which is the simulation of sloshing were performed by using CFD. Simulation results show that the maximum dynamic pressure occurred at 30% of LNG filling level, equal to 5122.34 Pa on the aft wall node of the membrane tank at 10.92 m from the bottom of the membrane tank. Furthermore, the lower of the filling level, the larger is the dynamic pressure.

Keywords: 3D Coupled, Heaving, LNG Carrier, Membrane tank, Sloshing, Pitching.

1. Pendahuluan

Pergerakan kapal yang terjadi berpengaruh pada gerakan fluida yang terisi sebagian (*partial filling*) dalam tanki dapat menyebabkan beban struktur yang besar khususnya saat periode gerak tanki dekat dengan periode natural cairan di dalam tanki. Pada saat itu tanki akan mengalami fenomena *sloshing*. *Sloshing* merupakan gerakan permukaan cairan bebas di dalam sebuah wadah. Amplitudo gerakan fluida tersebut tergantung pada sifat cairan, frekuensi gerakan oleh tanki, ketinggian cairan, dan geometri tanki. Perilaku dinamis dari permukaan cairan bebas tergantung pada jenis eksitasi dan frekuensi eksitasi. Eksitasi dapat terjadi secara *impulsif*, *sinusoidal*, periodik dan acak. Sedangkan kaitan sloshing dengan tanki bisa terjadi secara *lateral*, *parametrik*, *pitch*, *heave* atau *roll* dan kombinasi. Dalam medan gravitasi yang rendah, tegangan permukaan cairan dapat diarahkan secara acak dalam tanki tergantung pada karakteristik dasar tanki yang mengisi dinding tanki tersebut (A Ibrahim Rouf, 2005).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis prediksi gerakan LNG yang bebannya berefek pada dinding tanki membran kapal LNG. Dalam memprediksi karakteristik tanki membran LNG tersebut, dipilih tanki LNG no.4 dimana posisi tanki membran tersebut berada di posisi yang jauh dari pusat rotasi dan type tanki yang disimulasikan merupakan membran NO.96 dikarenakan salah satu tipe tanki membran yang banyak dimiliki oleh kapal LNG pada umumnya. Dengan posisinya yang dapat berkontak langsung dengan muatan cair, sistem membran harus memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan semua beban dari sloshing dalam gerakan LNG pada gelombang. Sistem membran yang paling umum digunakan adalah struktur non-tradisional (seperti lapisan kayu yaitu terisolasi atau busa panel *poliuretan*) hal itu dilakukan berdasarkan pertimbangan dari pengalaman sukses dengan system insulasi yang memaksimalkan manfaat kebutuhan untuk desain tanki membran (Hou Ling, Wu Cun Liang, 1978).

2. Dasar Konsep Gerakan

2.1. Konsep Kopel Gerakan Heaving dan Pitching

Gerakan kopel pada gerakan osilasi kapal menggunakan persamaan gerak yang mendasar yaitu berupa respon frekuensi linear terhadap eksitasi harmonik. Eksitasi yang dimaksud adalah gangguan yang disebabkan oleh gaya gelombang, serta gaya pengembali berupa gaya inersia akibat adanya massa bentuk, massa *hydrodynamic* (added mass), gaya

damping, wave making, dan gaya pengembali akibat adanya *buoyancy*. Dengan kata lain gerakan *heaving-pitching coupled* merupakan gerakan gabungan dari gerakan yaitu gerakan *uncoupled heaving* dan *pitching*. Sehingga penyelesaian persamaan gerak kopel yang melibatkan semua gaya translasi heave untuk kapal (Bhattacharyya, 1978) adalah sebagai berikut:

$$(m + a_z)\ddot{z} + b\dot{z} + cz + d\ddot{\theta} + e\dot{\theta} + h\theta = F(t) \quad (1)$$

Dimana ξ merupakan *displacement* gelombang air laut dan m, a_z, b, c, d, e, h merupakan koefisien yang dihitung dalam gerakan heaving dalam setiap section kapal. Sedangkan persamaan gerak kopel yang melibatkan gerakan angular pitch untuk kapal (Bhattacharyya, 1978) adalah sebagai berikut:

$$(I_{yy} + A_{yy})\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta + D\ddot{z} + E\dot{z} + H\theta = M(t) \quad (2)$$

Dimana koefisien-koefisien dalam persamaan tersebut mendiskripsikan dari momen gaya dari gaya yang terjadi dalam gerakan *pitching* pada kapal. Dimana $M(t)$ adalah amplitudo exciting momen, koefisien-koefisien $I_{yy}, b, c, d, h, A_{yy}, B, C$ dan H dapat dihasilkan dari hasil percobaan model test di towing tank untuk kapal tersebut (Bhattacharyya, 1978). Namun dalam menganalisis gerakan fluida dalam tanki yang bergerak secara sinusoidal pada gerakan couple antara heave dan pitch, perubahan gerakan simultan tanki pada gelombang regular dapat didekati dengan persamaan :

$$z(t) = z_0 \sin \omega_e t \quad (3)$$

$$\theta(t) = \theta_0 \cos \omega_e t \quad (4)$$

Dimana $z(t)$ adalah gerakan heave, z_0 adalah amplitudo gerakan heave pada CG dalam meter, $\theta(t)$ adalah gerakan pitch dalam radian, θ adalah amplitudo angular gerakan pitch pada CG dalam radian, ω_e adalah encounter frekuensi dalam rad/s, dan t adalah waktu dalam detik.

2.2. Konsep Sloshing

Gelombang pada *sloshing* akan membentuk gelombang yang berbeda dan bergantung pada kedalaman cairan serta frekuensi osilasi. Ada empat jenis gelombang yang mungkin terjadi yaitu; *standing wave, traveling wave, hydraulic jump* dan kombinasi dari semua itu. Untuk cairan dangkal yang berosilasi pada frekuensi yang jauh lebih rendah dari frekuensi resonansi, maka *standing wave* akan terbentuk. Saat frekuensi meningkat, *standing wave* berubah menjadi *traveling wave* dengan panjang gelombang yang sangat pendek. Sedangkan *hydraulic jump* akan terjadi karena gangguan kecil dan muncul di atas yang rentang frekuensinya dekat frekuensi resonansi. Saat frekuensi meningkat lebih besar, *hydraulic jump* akan berubah menjadi *soliter wave*. Untuk cairan lebih dalam, *sloshing* yang dekat resonansinya, akan ditandai dengan pembentukan amplitudo yang besar pada *standing wave*. Gelombang ini akan asimetris saat terjadi amplitudo besar.

Sloshing dapat menimbulkan dua jenis tekanan dinamis. Tekanan tersebut disebut tekanan *non-impulsif* dan *impulsif*. Tekanan *Impulsif* adalah tekanan yang berdampak cepat karena dampak antara cairan dan permukaan yang solid. Biasanya terjadi pada *hydraulic jump* dan *traveling wave*. Tekanan *non-impulsif* adalah tekanan dinamis biasa terjadi dalam cairan berosilasi yang perlahan-lahan berubah pada tekanan yang dihasilkan dari *standing wave*. Tekanan yang berdampak paling ekstrem terjadi di dekat permukaan air atau di persimpangan sudut dinding tanki. Variasi tekanan ini bukanlah harmonik atau periodik, meskipun eksitasi eksternal harmonik. Tekanan sloshing pada umumnya sebanding dengan berat jenis cairan, dimensi linear dari tanki dan amplitudo eksitasi tanki (Erdem Unal, 2004).

3. Implementasi Numerik

3.1. Parameter Bentuk Lambung Kapal

Dalam menganalisis pergerakan kapal, diperlukan parameter koefisien-koefisien lambung kapal berupa $C_b, C_m, C_p, CWP, LCB, KB, WSA$, dan A_{BT} . Desain dilakukan dari hasil numerik

berdasarkan hasil dari perhitungan secara empiris. Adapun data utama kapal yang digunakan yaitu kapal Disha LNG Carrier yang akan disimulasikan adalah sebagai berikut;

Tabel 1. Dimensi Kapal

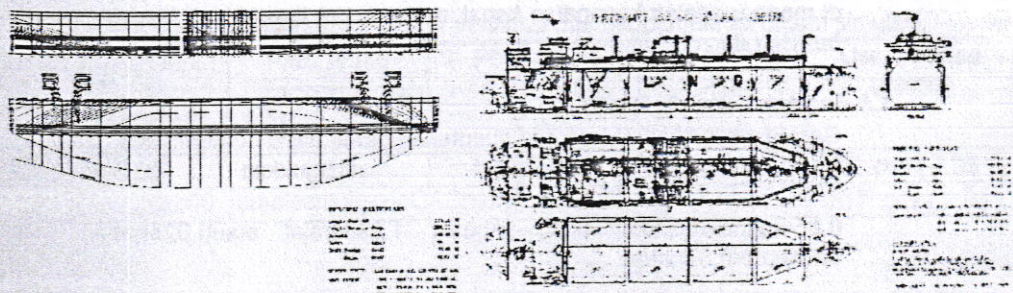
Dimensi Kapal				
L _{pp}	266	m	872.746	ft
B	43.4	m	142.3954	ft
H	26	m	85.306	ft
T _{Design}	11.4	m	37.4034	ft
L _{WL}	270.8	m	888.4948	ft
Displacement	10,014.9	Ton	3,450,972.06	ft ³
Speed	19.5	Knot	10.031	m/s

Adapun perhitungan karakteristik hidrostatik kapal LNG ini dilakukan berdasarkan formulasi empiris untuk kapal tanker. Dimana C_b adalah koefisien blok (Rawson KJ, 1926), C_p adalah koefisien prismatik (Adrian Biran, 2002), C_m adalah koefisien merismatic (Kerlen, 1970), C_{WP} adalah koefisien waterplan, KB adalah jarak keel ke pusat titik apung (Schneekluth, 1921), LCB adalah jarak membujur pusat apung (Kerlen, 1970), WSA adalah luas permukaan basah dan A_{BT} adalah daerah luasan melintang pada bulbus bow di garis FP (Holtrop dan Mannen, 1982). Semua karakteristik bentuk lambung untuk merancang lambung kapal dengan menggunakan computational aided design (CAD) berupa software maxsurf yang dibandingkan dengan perhitungan empiris hidrostatiknya. Setelah dilakukan pendesainan lambung kapal pada CAD, maka didapatkan output perhitungan data hydrostatic. Untuk mendapatkan desain yang valid, maka dilakukan batasan antara output dari CAD tersebut dengan perhitungan empiris. Adapun constrain atau batasan-batasan hydrostatic melalui CAD dengan hydrostatic menggunakan rumus empiris yaitu kurang lebih -0.5% sampai dengan 0.5%. Hasil dari perbandingan hydrostatic secara numerik dan empiris adalah sebagai berikut :

Table.2 Batasan desain parameter lambung kapal.

	Empiris	Numerik	Batasan	Persen
C _b	0.728	0.73	0.001371	0.137%
C _m	0.986	0.98	-0.005085	-0.509%
C _p	0.738	0.74	0.002710	0.271%
C _{wp}	0.842	0.843	0.001187	0.119%
L _{cb}	133.101 m	133.918 m	0.000682	0.068%
KB	6.047 m	6.064 m	0.002811	0.281%
WSA	14,622.96 m ²	14,745.3 m ²	0.004367	0.437%
A _{BT}	69.32 m ²	70.012 m ²	0.0095303	0.953%
Disp.	100,194 tons	100,314.3 tons	0.00165	0.165%

Perhitungan numerik di atas menghasilkan gambar linesplan dimana dengan adanya linesplan maka pergerakan pada kapal dapat dianalisis menggunakan bantuan perangkat yang sama.



Gambar 1. Rencana garis dan rencana umum

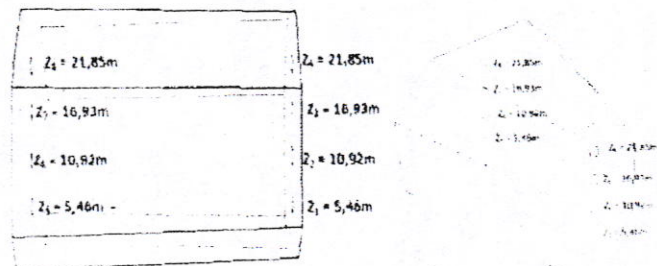
3.2. Dimensi tanki membrane

Dimensi tanki membran diukur langsung dari *general arrangement* kapal tersebut. Tanki membran yang akan disimulasikan dalam hal ini adalah yang terjauh dari pusat rotasi. Dengan mengasumsikan pusat gravitasi (CG) disumbu vertikal yang sama dengan pusat apung sehingga pusat gravitasi mengambil pusat apung (CB) sebagai pusat rotasi. Kemudian membran tanki yang akan disimulasikan adalah tanki membran no. 4 yang ditunjukkan dalam gambar 2.

Tabel.3. Ukuran tanki membran

Membran Tank GT NO.96	Jarak dari Ap (m)	Panjang Tanki (m)	Lebar Tanki (m)	Lebar Tanki Bawah (m)	Lebar Tanki Atas (m)	Tinggi Tanki (m)
No.4 Tank Aft	197.3	32.46	39.17	31.29	21.49	14.95
No.4 Tank Fwd	229.8		19.4	11.9	18.5	14.95

Geometri tanki membran dengan tinggi 27.32 mm memiliki 2.195 node dan 130.286 elemen seragam terstruktur dalam CFD. Dalam perhitungan numerik tersebut dipantau pada empat titik di dinding belakang dan dinding depan dari tanki untuk menyimpan data pressure dari sloshing.



Gambar 2. Penentuan titik identifikasi tekanan

3.3. Data Pelayaran Kapal

Parameter lingkungan kapal diambil dari statistik gelombang dari India ke Qatar selama satu tahun. Nilai periode rata-rata maksimum sebesar 10.2 detik, maksimum tinggi gelombang 7 m dan kedalaman air laut 800 m. Data gelombang statistik ini tercatat selama Januari 2011 sampai Desember 2011 (European Geosciences Union, 2012). Dari parameter gelombang ini, gelombang encounter untuk gerak kapal dapat ditentukan berdasarkan wave aery theory dimana $\omega^2 = g.k.tanh(k.d)$. Dimana ω adalah frekuensi gelombang atau $2\pi/T$, g adalah percepatan gravitasi, d adalah kedalaman air laut dan k adalah bilangan gelombang. Pada permasalahan ini dimana $\omega = 0.62$ sehingga bilangan gelombang k mendekati 0.03211 rad/m. Kecepatan gelombang dapat ditentukan dengan menggunakan $\lambda = 2\pi/k = 111.28$ m dan kecepatan gelombang $c = \lambda/T = 10.91$ m/s. dari hasil ini, frekuensi encounter dapat ditentukan sebagai $\omega_e = (c - u.\cos\mu) . 2\pi/\lambda = 0.67$ rad/s. di mana u adalah kecepatan kapal, dan μ sudut hadap kapal sebesar 180° untuk gerakan heaving dan pitching.

3.4. Analisa Numerik Gerakan Kapal

Gerakan kapal LNGC tersebut ditentukan dari analisis numerik pada gelombang reguler yang memiliki hasil persama sinusoidal ditunjukkan dalam gambar 3. Analisis gerak yang menggunakan CAD disajikan selama 90 detik memiliki amplitudo heave 0.851 m dan amplitudo pitch sebesar 1.29 derajat atau 0.025 radian dengan frekuensi encounter 0.67 rad/s.

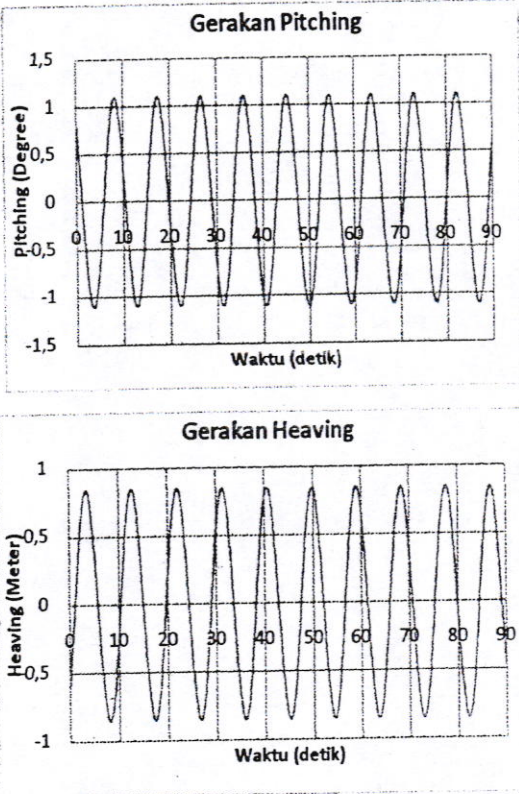
tersebut.
at rotasi.
ganpusat
rotasi.
tunjukkan

Par iki (m)	Tinggi Tangki (m)
49	14.98
5	14.98

2.195node
tersebut
menyimpan

atar selama
mum tinggi
catat selama
2012). Dari
ditentukan
h frekuensi
ir laut dan k
ga bilangan
ukan dengan
.91 m/s. dari
= 0.67 rad/s.
ntuk gerakan

reguleryang
ar 3.
litude heave
an frekuensi



Gambar 3. Hasil numerik heaving dan pitching.

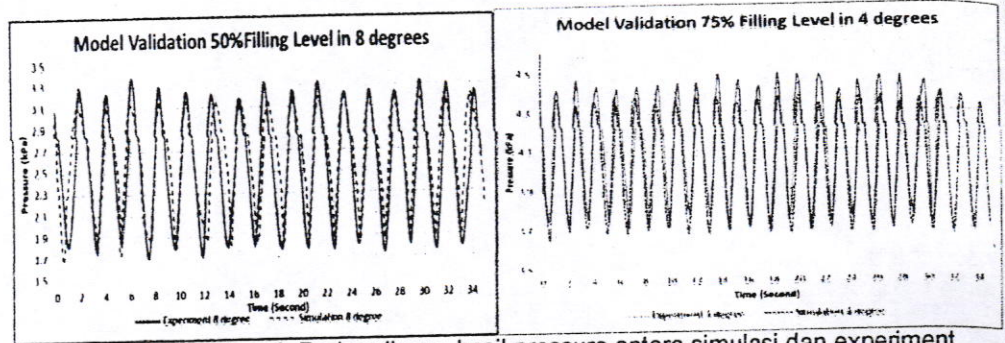
Sehingga gerakan kapal tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan kecepatan vertikal pada gelombang reguler sebagai $dz/dt = -0.65 \cos (0.67.t)$ dan kecepatan sudut sebagai $d\theta/dt = 0.025 \cos (0.67.t)$. Hasil persamaan tersebut yang akan menjadi parameter input ke dalam CFD dengan konsep gerakan kopel.

4. Verifikasi

Untuk mengukur keakuratan hasil dari metode numerik menggunakan CFD, percobaan yang diambil dalam sebuah jurnal internasional yang berjudul "Experimental investigation of pressure distribution on a rectangular tank due to the liquid Sloshing" (Hakan Akyildiz dan Erdem U'nal., 2004) yang akan disimulasikan dengan CFD berupa problematika gerakan piching pada tanki sehingga nantinya hasil tersebut diharapkan sama dengan percobaan yang telah dilakukan sehingga dapat digunakan untuk simulasi fluida dalam gerakan tanki membran NO.96 kapal LNG. Pada gambar4 hasil percobaan dinyatakan dengan garissolid dan hasil numerik disajikan dengan garis putus-putus Kasus-kasus percobaan yang diambil adalah simulasi sloshing tanpa baffle dalam 50% dan 75% filling level dengan amplitudo 4 dan 8 derajat. Persamaan kecepatan didasarkan formulasi yang akan diinput ke dalam rumus user defined CFD.

Table 4. Beberapa input parameter verifikasi dari experiment ke dalam simulasi

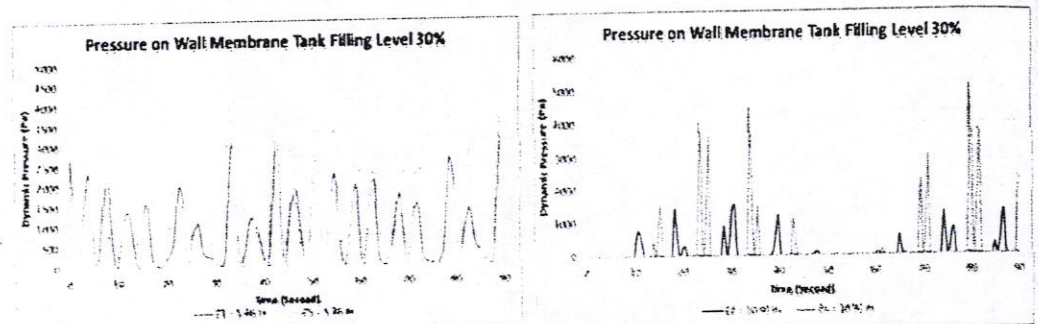
Case No	Filling Depth (%)	Pitch Angle (degree)	Pitch Angle (Radians)	Frequency Pitch	User Defined Velocity
1	50	8	0.138	2.25	$0.31 \cdot \cos (2.25 t)$
2	75	4	0.069	2.5	$0.17 \cdot \cos (2.5 t)$



Gambar 4. Perbandingan hasil pressure antara simulasi dan experiment

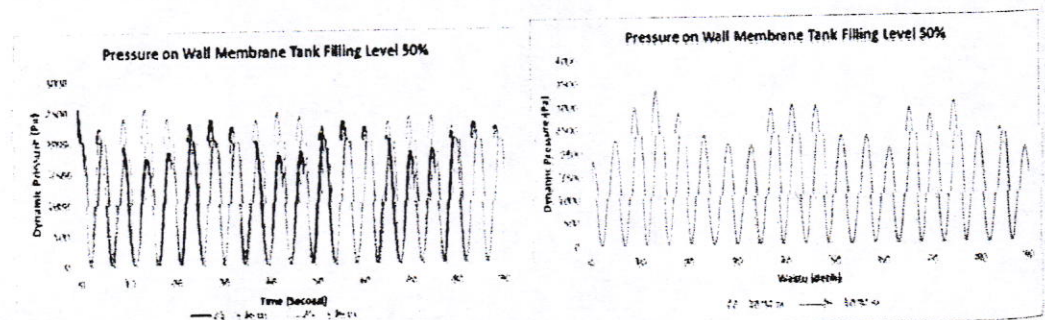
5. Hasil

Simulasi hasil tekanangerakan fluidadi dalam tankimembranyang dirancang dalam 3D dengan 30% filling level dapat digambarkan dalam gambar 5 di mana sloshing terjadi pada dinding depan dan dinding belakang dari tanki membran. Tekanan maksimum pada dinding belakang tanki membran lebih tinggi dari tekanan maksimum pada dinding depan tanki membran karena lebar yang berbeda dari masing-masing bagian tanki.



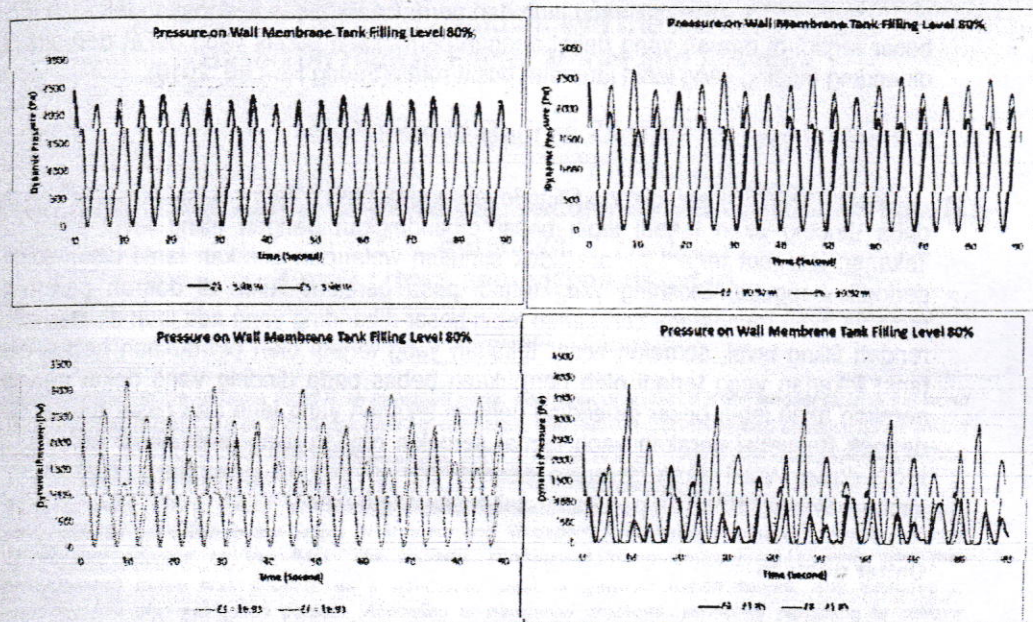
Gambar 5. Pressure 30% filling level pada 5.46m dan 10.92 m dari dasar tanki

Tekanan maksimum dengan 30% filling level terjadi pada dinding belakang untuk tinggi dari dasar tanki pada titik $Z_5 = 4,291.24 \text{ Pa}$, $Z_6 = 5,122.34 \text{ Pa}$ dan tekanan maksimum yang terjadi pada dinding depan untuk tinggi pada titik $Z_1 = 3,239.66 \text{ Pa}$, $Z_2 = 1,542.30 \text{ Pa}$. Pada kasus ini telah digambarkan bahwa perbedaan tekanan yang lebih tinggi pada dinding belakang terjadi secara *unpredictable*.



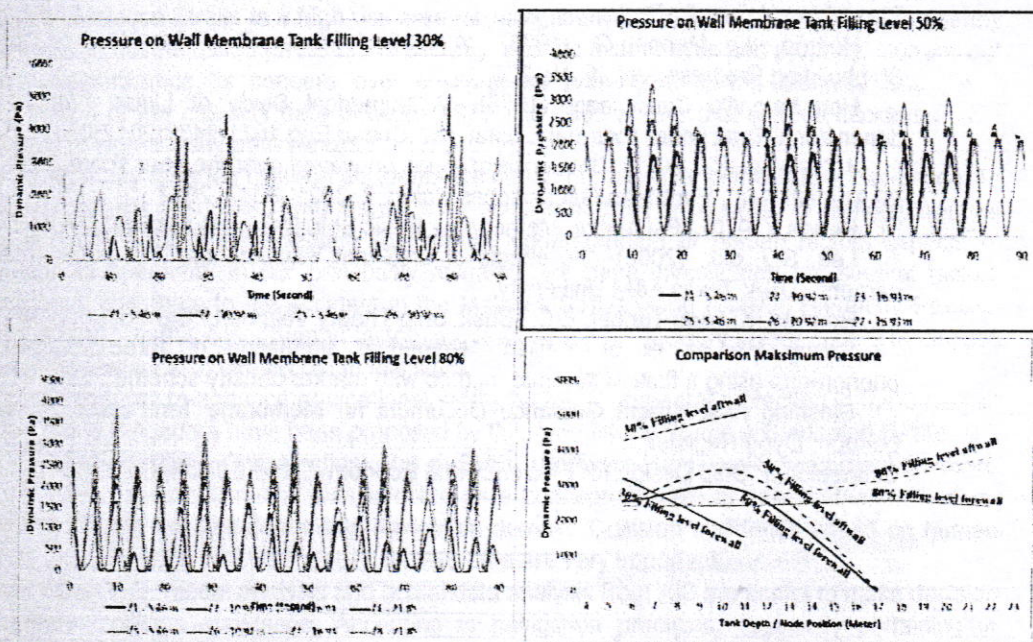
Gambar 6. Pressure 50% filling level pada 5.46m dan 10.92 m dari dasar tanki

Tekanan pada 50% filling level berbeda dari kasus sebelumnya. Tekanan maksimum terjadi pada dinding belakang pada kondisi 50% filling level dari dasar tanki pada titik $Z_5 = 2,569.64 \text{ Pa}$, $Z_6 = 3,352.06 \text{ Pa}$ dan tekanan maksimum pada dinding depan pada titik $Z_1 = 2,531.56 \text{ Pa}$, $Z_2 = 2,841.98 \text{ Pa}$. Pada kasus ini telah digambarkan bahwa tekanan yang lebih tinggi terjadi pada dinding belakang terjadi teratur secara *periodic*.



Gambar 6. Pressure 80% filling level pada 5.46m, 10.92m, 16.93m dan 21.95m dari dasar tanki

Untuk kasusterakhir dengan 80% filling level dengan tekanan maksimum padadinding belakang untuk ketinggian dari dasar tanki pada titik $Z_5=2,290.02\text{Pa}$, $Z_6=2,658.08\text{Pa}$, $Z_7=3,180.39\text{Pa}$, $Z_8=3,842.90\text{Pa}$ dan tekanan maksimum padadinding depan pada titik $Z_1=2,409.64\text{Pa}$, $Z_2=2,440.82\text{Pa}$, $Z_3=2,594.83\text{Pa}$, $Z_4=2,443.61\text{Pa}$. Pada kasus ini sama dengan 50% filling level dimana tekanan bebanyang lebih tinggi terjadi padadinding belakang terjadi lebih teratur secara periodic.



Gambar 6. Perbandingan pressure 30%, 50%, dan 80% filling level pada 5.46m, 10.92m, 16.93m dan 21.95m dari dasar tanki

Perbandingan antara tekanan maksimum yang terjadi pada setiap node pada berbagai filling level digambarkan dengan tekanan besar yang berdampak pada dinding belakang sebesar 30% filling level dekat dengan permukaan bebas dari LNG. Selain itu, tekanan yang

stabil akan terjadi pada titik yang jauh dari permukaan bebas sedangkan tekanan dinamis yang besar terjadi di daerah yang dekat dengan permukaan bebas yang dekat dengan pusat rotasi dibanding dinding yang lebih jauh dari pusat rotasi (Seung He-Lee, 2010).

6. Kesimpulan

Ketika terjadi sloshing pada filling level yang rendah dalam hal ini 30%, tekanan yang terjadi pada dinding akan terjadi lebih besar dibandingkan dengan filling level yang lebih tinggi. Tekanan tersebut terjadi secara tidak simultan walaupun gerakan tanki disimulasikan secara periodik / regular. Sloshing yang terjadi pada gerakan fluida di daerah permukaan bebas tersebut akan mengalami perubahan lebih besar dibanding yang ada jauh didalamnya. Semakin rendah filling level, semakin besar tekanan yang terjadi oleh permukaan bebas pada dinding tanki. Tekanan yang terjadi oleh permukaan bebas pada dinding yang dekat dari pusat rotasi gerakan akan lebih besar dibanding dengan tekanan yang jauh dari pusat rotasi. Dari simulasi dengan frekuensi gerakan yang sama, semakin rendah filling level maka panjang gelombang LNG dalam tanki akan semakin pendek dan amplitudo gelombang akan semakin tinggi sehingga mengakibatkan perubahan tekanan yang besar.

Daftar pustaka

- Akyildiz H, Unal E. "Experimental investigation of pressure distribution on a rectangular tank due to the liquid sloshing". *Ocean Eng* 2005;32:1503-16.
- A.Ibrohim, Rouf. (2005). "Liquid Sloshing Dynamics Theory and Applications". Cambridge; Cambridge University Press.
- Bhattacharya, Rameswar. (1978). "Dynamics Of Marine Vehicles". New York; Wiley Publication.
- Biran Adrian. (2003). "Ship Hydrostatic and Stability". British; British Library.
- Cargo Operating Manual. "Liquid Natural Gas Carrier Disha (H2210)". Petronet Pentatech.co.ltd.
- A.Ibrohim, Rouf. (2005). "Liquid Sloshing Dynamics Theory and Applications." Cambridge; Cambridge University Press.
- Holtrop, J.e Mennen, G. (1978). "A Statical Power Prediction Method ". *International Shipbuilding Progress*, Vol.25, No.290
- Hou Ling, Wu Cun Liang. (1978). "A Numerical Study of Liquid Sloshing in a Two-dimensional Tank under External Excitations". *Ocean Eng* 1671-9433(2012)03-0305-06.
- J. Glejin et al. (2012). "Influence of winds on waves over the near shore regions of eastern [8] Arabian Sea". *European Geosciences Union*; 9, 3021-3047, 2012
- Kerken. (1970). "Estimation Methode for Basic Ship Design Summary". Marlin. Delft.
- Lee, S.J, dkk. (2005). "The effects of LNG-tank sloshing on The global motions of LNG carriers". USA: Texas A&M University.
- Rowson, K.J and Tupper, E.C. "Basic Ship Theory Volume I." Oxford: Longman group.
- Seung He-Lee et al. (2010). "Numerical simulation of three-dimensional sloshing phenomena using a finite difference method with marker density scheme". 38 (2011) 206-225
- Sloshing Assessment Guidance Document for Membrane Tank LNG Operations (2009). London; Llyod Register.
- Schneekluth. "Ship Design for Efficiency and Economy", 2nd Edition, Butterworth-Heinemann